

2. Галеркин Ю.Б., Козаченко Л.И. Турбокомпрессоры: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. 374 с.

УДК 697.922.26 + 532.559.5 + 004.942

ВЕРИФИКАЦИЯ ЧИСЛЕННОЙ СХЕМЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПОТЕРЬ ДАВЛЕНИЯ ЩЕЛЕВОГО СТОКА КОНЕЧНОЙ ШИРИНЫ

VERIFICATION OF NUMERICAL SOLVING A PROBLEM OF PRESSURE LOSSES DETERMINATION OF FINITE WIDTH SLOT SINK

Валеев Б. Р., Мухаметзянов И. Р., Полукеев К. В., Зиганшин А. М.
Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г.
Казань, amziganshin@kgasu.ru

Valeev B. R., Muhametzjanov I. R., Polukeev K. V., Ziganshin A. M.
Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan

Аннотация: В работе представлены результаты численного моделирования течения к щелевому стоку. Показан ход исследования зависимости решения от размеров ячеек расчетной сетки. Определено сочетание моделей турбулентности и пристеночных функций, наиболее адекватно моделирующих сопротивление такого стока.

Abstract: The results of numerical simulation of flow to slot sink is presented. Showing the course of research of solution depending on the size of the cells of the computational grid. Determined the combination of turbulence models and wall functions, the most adequate simulating the resistance of such flow.

Ключевые слова: численные методы; щелевой сток; потери давления; верификация.

Key words: numerical methods; slot sink; pressure losses; verification.

В настоящее время при исследовании течений различного рода хорошо себя зарекомендовал численный эксперимент с применением методов вычислительной гидродинамики (ВГД, *Computational Fluid Dynamics*). Программные комплексы, реализующие методы ВГД, применяются также и при моделировании процессов течения воздуха в системах вентиляции [1-3]. Использование компьютерного моделирования, в том числе, сокращает материальные затраты при выборе вариантов наиболее рациональных конструкций вновь разрабатываемых элементов систем вентиляции [4]. Тем не менее, при моделировании новой конструкции элемента, на первом этапе всегда

необходимо подбирать такие настройки компьютерной модели, использование которых позволит получить параметры исследуемого течения наиболее близкие к ранее полученным.

В работе приводятся результаты построения численной модели тестовой задачи о течении к щелевому отсосу – определение потерь давления. Поскольку течение турбулентное исследуется влияние модели турбулентности, а также пристеночного моделирования. Задача решается при помощи программного комплекса *Fluent*, в распоряжении которого имеется несколько моделей турбулентности и их разновидностей – одно- и двухпараметрические, а также модель Рейнольдсовых напряжений. Кроме того, для расчета течения вблизи твердых границ используется пристеночное моделирование. В работе используются двухпараметрические модели турбулентности – разновидности k - ϵ модели: «стандартная» (*SKE*), «ренормализованных групп» (*RNGKE*) и «реализуемая» (*RKE*); разновидности k - ω модели: «стандартная» (*SKW*) и «переноса сдвиговых напряжений» (*SSTKW*) и разновидности модели рейнольдсовых напряжений: «линейных напряжений давления» (*RSMLPS*). И две модели моделирования течения в погранслое: «стандартные пристеночные функции» (*SWF*) и «расширенное пристеночное моделирование» (*EWT*). Кроме проверки влияния моделей на решение, одновременно проводится исследование задачи на «сеточную зависимость» – каждая задача решается для ряда последовательно измельчаемых расчетных сеток. На каждом этапе измельчения – «адаптации», проводится расчет коэффициента местного сопротивления (КМС) всасывающего отверстия по формуле $\zeta = (P_0 - P_1 - \Delta P_{\text{тр}}) / P_d$, здесь $P_0 = 0$ и P_1 определяемое численно – полное избыточное давление в окружающей, отсос, области и на границе *CD* соответственно (рис. 1); $\Delta P_{\text{тр}} = R \cdot l$ – потери давления на трение, также определяемые по результатам численного решения; $P_d = \rho \cdot v^2 / 2$ – динамическое давление.

На рис. 1 показана геометрия расчетной области. Границы *ABC* и *DEF* свободные проницаемые, с заданием избыточного давления равным нулю. Граница *CD* – равномерное распределение скорости $u_y = 2$ м/с – вытяжное отверстие. Границы *CG* и *DI* – граничное условие «стенка». Ширина канала 0,1 м, размеры области 4х4 м, длина канала 6 м. Также на рис. 1 показаны характерные линии тока течения. И увеличенная область вблизи кромки отсоса, где отчетливо видны две вихревые зоны, образующиеся при срыве потока с острых кромок. Далее на рис. 2 показаны результаты расчета КМС для моделей турбулентности k - ϵ («стандартная» и «rng»), k - ω , рейнольдсовых напряжений и пристеночного моделирования – *SWF* и *EWT* в зависимости от безразмерного расстояния y^* (или y^+), которое характеризует насколько хорошо разрешена сеткой пристеночная область. Согласно [5] при использовании *SWF*, нужно чтобы $y^* \sim 30$, а при использовании *EWT* – $y^+ \sim 1$.

Можно сделать вывод, что при необходимости решать задачи о течении и подробном изучении его характеристик, в том числе очертаний вихревых зон, нужно использовать сочетание моделей *RSM EWT*. В то время, как при определении сопротивления достаточно использовать *SKE SWF*, что приведет к значительному сокращению времени расчетов и компьютерных ресурсов, поскольку эта модель турбулентности имеет меньше уравнений, и количество ячеек в данном случае гораздо меньше.

Список использованных источников

1. Денисихина Д.М. Численное моделирование неізотермических турбулентных течений в помещениях плавательных бассейнов // Вестник гражданских инженеров. 2014. № 3 (44). С. 189-194.
2. Yang L., Ye M., He B.-J. CFD simulation research on residential indoor air quality // Sci. Total Environ. 2014. Vol. 472, № 2006. P. 1137–1144.
3. Karabay H., Arici M., Sandik M. A numerical investigation of fluid flow and heat transfer inside a room for floor heating and wall heating systems // Energy Build. 2013. Vol. 67. P. 471–478.
4. Зиганшин А.М. Снижение энергозатрат при движении потоков путем профилирования фасонных частей в коммуникациях энергоустановок // Надежность и безопасность энергетики. 2015. №1(28). С.63-68.
5. ANSYS FLUENT 6.3 Documentation / 12.10 Near-Wall Treatments for Wall-Bounded Turbulent Flows [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sharcnet.ca/Software/Fluent6/html/ug/node510.htm> (дата обращения: 04.11.2016).
6. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / Под ред. М. О. Штейнберга. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1992. 672 с.

УДК 004.896

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ УЛИЧНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ

ENERGY EFFICIENT STREET LIGHTING CONTROL SYSTEM

Валиуллин К. Р., Семенова Н. Г.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург,
valiullinkamil91@gmail.com

Valiullin K. R., Semenova N. G.
Orenburg State University, Orenburg